

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



**МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні**

**А.О. Бондаренко**

**ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І СИЛОВИХ  
ПАРАМЕТРІВ ДРАГЛАЙНІВ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

**«ВИРОБНИЧІ МАШИНИ ТА КОМПЛЕКСИ»**  
для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2020

**Бондаренко А.О.**

Визначення конструктивних і силових параметрів драглайнів. Методичні рекомендації до лабораторних занять з дисциплін: “Виробничі машини та комплекси” для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування / А.О.Бондаренко ; М-во освіти і науки України. – Д. : НТУ «ДП», 2020. – 19 с.

Автор: А.О. Бондаренко, доктор технічних наук, професор.

Затверджено до видання науково-методичною комісією зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування (протокол № 2 від 18.11.2019 р.) за поданням кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні (протокол № 3 від 18.11.2019 р.).

Наведено послідовність розрахунку конструктивних і силових параметрів одноківшевих канатних екскаваторів драглайн.

Рекомендації орієнтовано на активацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, д-р техн. наук, проф. К.С. Заболотний

## ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант	Екскаватор	Порода	Категорія породи	Умови роботи екскаватора
1	ЭШ 6/45МУ	Пісок рихлий	I	середні
2	ЭШ 10/70А-У	Пісок вологий, суглинок легкий	I	легкі
3	ЭШ 13/50У	Гравій дрібний і середній	II	важкі
4	ЭШ 20/90	Глина середня, важка розрихлена	III	середні
5	ЭШ 40/85С	Глина важка щільна	IV	легкі
6	ЭШ 100/100	Конгломерат слабосцементован ий	IV	важкі
7	ЭШ 6/45МУ	Мергель	IV	легкі
8	ЭШ 10/70А-У	Пісок рихлий	I	важкі
9	ЭШ 13/50У	Пісок вологий, суглинок легкий	I	середні
10	ЭШ 20/90	Гравій дрібний і середній	II	легкі

## 1. ВИЗНАЧЕННЯ МАС І ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ЕКСКАВАТОРА

Маса екскаватора

$$m_{\text{экс}} = K_{\text{экс}} \cdot E, \text{ т},$$

де  $K_{\text{экс}}$  – коефіцієнт маси екскаватора, т/м<sup>3</sup>;

$E$  – місткість ковша, м<sup>3</sup>.

Лінійні розміри конструктивних елементів

$$L_i = K_L \sqrt[3]{m_{\text{экс}}}, \text{ м},$$

де  $K_L$  – коефіцієнт пропорційності (Додаток 1).

Маса стріли з блоками

$$m_{\text{стр}} = K_{\text{мстр}} \cdot m_{\text{экс}}, \text{ т},$$

де  $K_{\text{мстр}}$  – коефіцієнт маси стріли (Додаток 2).

Маса поворотної платформи

$$m_{\text{пл}} = K_{\text{мпл}} \cdot m_{\text{экс}}, \text{ т},$$

де  $K_{\text{мпл}}$  – коефіцієнт маси поворотної платформи (Додаток 2),

Маса ковша драглайна

$$m_{\text{к.л}} = 1,15 c_{\text{к.л}} \cdot E, \text{ т},$$

де  $c_{\text{к.л}}$  – коефіцієнт маси ковша драглайна, т / м<sup>3</sup>.

Маса породи в ковші

$$m_{пор} = \frac{E\gamma_{пор}}{\kappa_p}, \text{ т,}$$

де  $\gamma_{пор}$  – щільність гірської породи в цілині, т / м<sup>3</sup> (Додаток 6),

$\kappa_p$  – коефіцієнт розпушення породи.

Лінійні розміри ковшів драглайнів:

$$\text{ширина } B_{к.л} = 1,3\sqrt[3]{E}, \text{ м,}$$

$$\text{довжина } L_{к.л} = 0,77B_{к.л}, \text{ м,}$$

$$\text{висота } H_{к.л} = 0,75B_{к.л}, \text{ м.}$$

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ТЯГОВОГО І ПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМІВ ДРАГЛАЙНА

Опір породи копанню

$$N_{1\partial} = \frac{E(1 + \kappa_{вол})\kappa_{к.д}}{\kappa_{пут}L_{к.д}\kappa_p} 10^5, \text{ Н,}$$

де  $\kappa_{вол}$  – коефіцієнт волочіння для легких, середніх, важких ґрунтів відповідно дорівнює 0,4, 0,3, 0,2;

$\kappa_{к.д}$  – опір породи копанню, Па (Додаток 5);

$\kappa_{пут}$  – коефіцієнт шляху (Додаток 6).

Зусилля в тяговому канаті

$$N_{т.д} = N_{1\partial} + G_{к+n} \sin \alpha_{ом} + p_{тп} G_{к+n} \cos \alpha_{ом}, \text{ Н,}$$

де  $\alpha_{от}$  – граничний кут укосу, градус (рис. 1);

$p_{тр} = 0,4$  – коефіцієнт тертя ковша по породі.

Зусилля в тяговому канаті драглайна при повороті платформи з навантаженим ковшем

$$N_{m.д}^I = \frac{G_{к+n}}{2} + N_{ц}, \text{ Н.}$$

Відцентрова сила

$$N_{ц} = m_{к+n} \omega_{в.д}^2 L_{раз} 10^3, \text{ Н,}$$

де  $\omega_{в.д}$  – кутова швидкість обертання платформи драглайна, рад /с  
(Додаток 6);

$L_{роз}$  – максимальний радіус розвантаження, м.

Зусилля в підйомному канаті драглайна при відриві ковша від забою в кінці копання

$$N_{n.д} = (1,5...1,7) G_{к+n}, \text{ Н.}$$

Зусилля в підйомному канаті драглайна при повороті платформи на розвантаження

$$N_{n.д}^I = G_{к+n}, \text{ Н.}$$

Зусилля в підйомному канаті драглайна при повороті платформи з порожнім ківшем

$$N_{n.д}^{II} = G_{к}, \text{ Н.}$$

Вісь обертання  
платформи

а) Копація

б) Розвантаження

в) Повернення

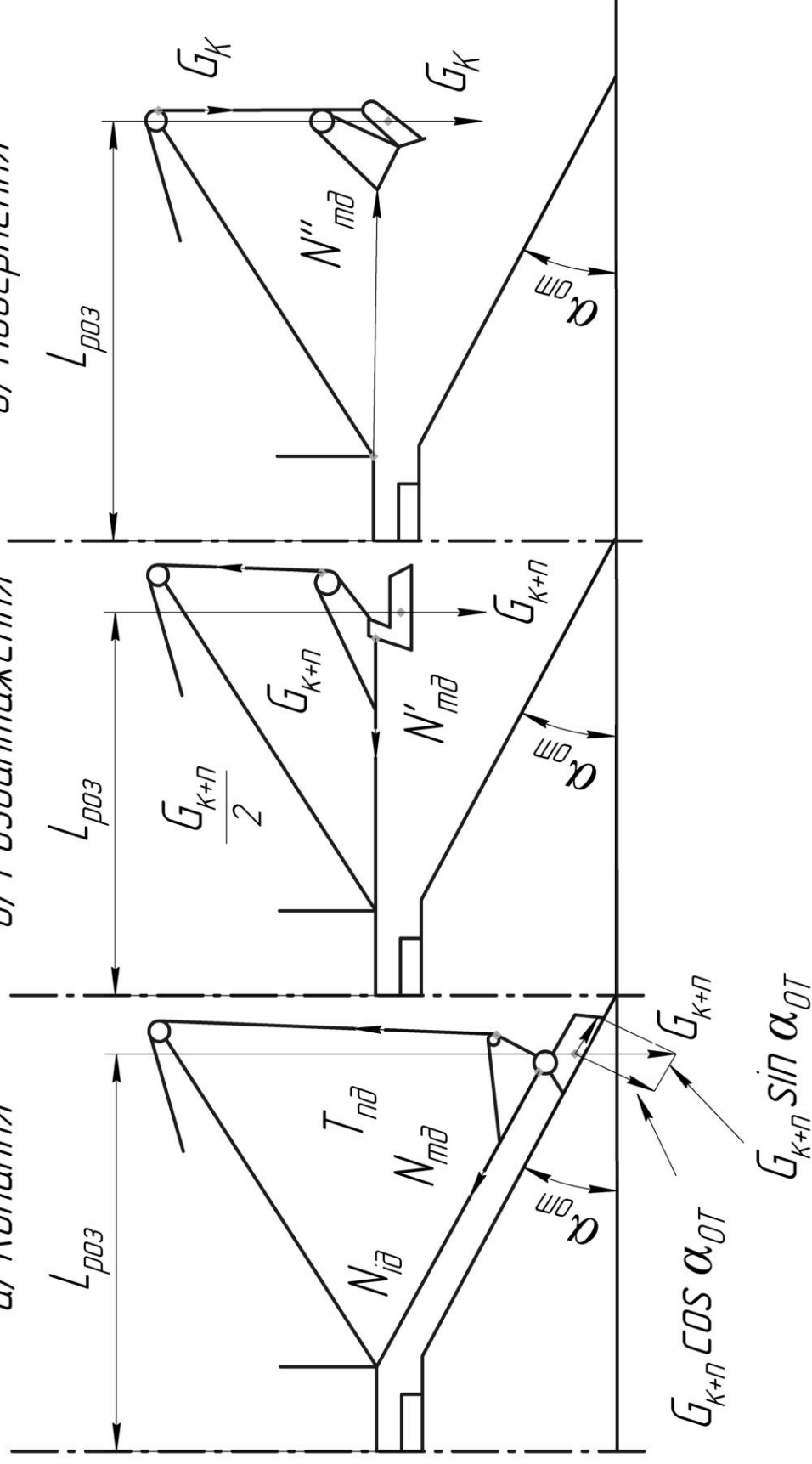


Рисунок 1 – Схема сил до визначення навантажень в головних механізмах драглайна

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНІВ ТЯГОВОГО І ПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМІВ ДРАГЛАЙНА

Потужність двигуна тягового механізму при копанні

$$P_{m.\partial} = \frac{N_{m.\partial} v_{m.\partial}}{\eta_{m.\partial}} 10^{-3}, \text{ кВт},$$

де  $v_{m.\partial}$  – швидкість переміщення тягового канату, м / с (Додаток 7);

$\eta_{n.l}$  – к.к.д. підйомного механізму дорівнює 0,8 ... 0,9.

Потужність двигуна тягового механізму при повороті платформи на розвантаження

$$P_{m.\partial}^I = (1,1 \dots 1,2) \frac{N_{m.\partial}^I v_{m.\partial}}{\eta_{m.\partial}} 10^{-3}, \text{ кВт}.$$

Потужність двигуна підйомного механізму в момент відривання ковша від вибою

$$P_{n.\partial} = \frac{N_{n.\partial} v_{n.\partial}}{\eta_{n.\partial}} 10^{-3}, \text{ кВт},$$

де  $v_{n.\partial}$  – швидкість переміщення підйомного канату, м / с (Додаток 7);

$\eta_{n.l}$  – к.к.д. підйомного механізму дорівнює 0,75 ... 0,85.

Потужність двигуна підйомного механізму при повороті платформи на розвантаження

$$P_{n.\partial}^I = \frac{N_{n.\partial}^I v_{n.\partial}}{\eta_{n.\partial}} 10^{-3}, \text{ кВт}.$$

Приклад побудови навантажувальної і швидкісної діаграми наведений на рис. 2. В розрахунках приймати: час копання  $t_{к.\partial} = 0,3 t_{ц.\partial}$ , с;



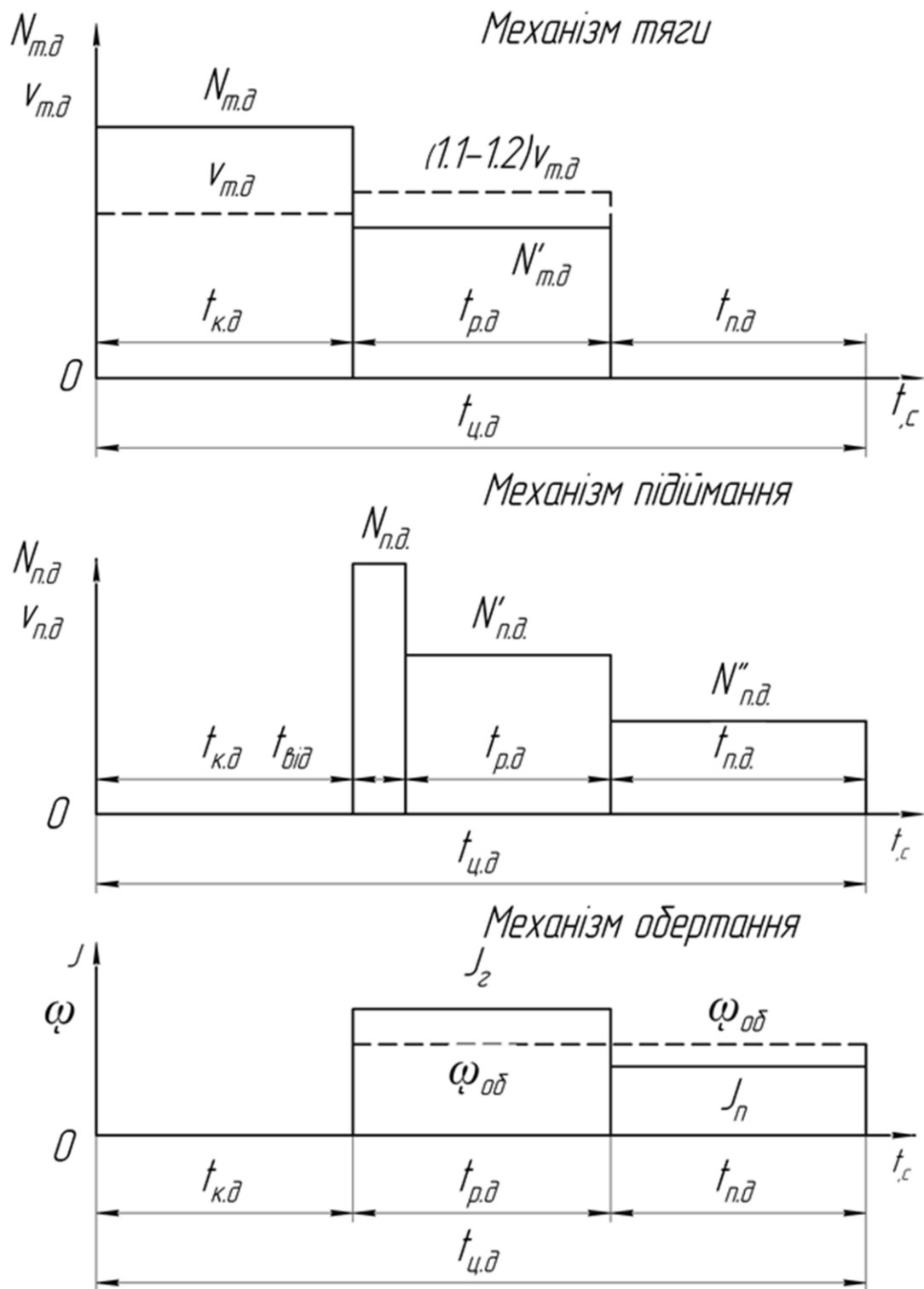


Рисунок 2 – Діаграма навантажень і швидкостей в механізмах екскаватора

час повороту платформи на розвантаження і повернення до вибою  $t_{p.\partial} = t_{n.\partial} = 0,35t_{y.\partial}$ , с; час відривання ковша від вибою 2 ... 3 с.

#### 4. ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ЧАСТИН ДРАГЛАЙНА, ЯКІ ОБЕРТАЮТЬСЯ

Сумарний момент інерції обертючих частин драглайна

$$\Sigma J = J_{nl} + J_{k+n} + J_{cm}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції поворотної платформи

$$J_{nl} = J_o + m_{nl}l_{nl}^2, \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції платформи відносно осі, паралельної вертикальній грані кузова, що проходить через центр маси платформи як паралелепіпеда:

$$J_o = m_{nl} \frac{(0,5L_{nl})^2 + (0,5L_{nl}^I)^2}{3}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Відстань між віссю обертання платформи і віссю, що проходить через центр маси платформи як паралелепіпеда

$$l_{nl} = \frac{L_{nl}}{2} - L_{nc}, \text{ м},$$

де  $L_{nc}$  – радіус п'яти стріли, м.

Момент інерції ковша з породою

$$J_{k+n} = m_{k+n}L_{paz}^2, \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції стріли

$$J_{cm} = m_{cm} l_{cm, \text{кз}}^2 \cdot \text{м}^2.$$

Середньозважені потужності двигунів тягового і підйомного механізмів драглайна

$$P_{m.\partial(\text{св})} = \frac{0,3P_{m.\partial} + 0,35P_{m.\partial}^I}{0,3 + 0,35},$$

$$P_{n.\partial(\text{св})} = \frac{P_{n.\partial} t_{\text{отр}} + P_{n.\partial}^I t_{n.p} + P_{n.\partial}^{II} t_{n.з}}{t_{\text{отр}} + t_{n.p} + t_{n.з}}.$$

## 5. РОЗРАХУНОК МАСИ ПРОТИВАГИ ДРАГЛАЙНА

Розрахунок маси противаги для драглайна виконується для двох розрахункових положень:

1 – ківш опущений на землю, стріла піднята на максимальний кут  $\gamma_{\text{max}} = 45...50^\circ$ . Маса противаги

$$m_{np.\partial}' = \frac{G_c r_c - G_1 r_1}{g r_{np}}, \text{ кг.}$$

2 – ківш з породою піднятий до голови стріли, стріла опущена на мінімальний кут  $\gamma_{\text{min}} = 25...30^\circ$  (рис 3).



Маса противаги

$$m_{np}'' = \frac{G_c r_c + G_{k+n} r_k - G_l r_l}{g r_{np}}, \text{ кг.}$$

## 6. РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ДРАГЛАЙНА

Розрахунок стійкості драглайна виконується для умов коли екскаватор стоїть на майданчику з кутом нахилу  $\alpha_{\max} = 12^\circ$ , стріла знаходиться під мінімальним робочим кутом  $\gamma_{\min} = (25...30)^\circ$ , ківш заповнений і знаходиться на повному вильоті (рис. 4). Коефіцієнт стійкості має відповідати вимогам

$$K_c = \frac{M_y}{M_n} > 1,1,$$

де  $M_y$  – сумарний утримуючий момент,

$M_n$  – сумарний перекидний момент.

Сумарний утримуючий момент

$$M_y = G_{np}(r_{np} - h_{np} \operatorname{tg} \alpha_{\max}) \cos \alpha_{\max} + G_l(r_l - h_l \operatorname{tg} \alpha_{\max}) \cos \alpha_{\max}, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Сумарний перекидний момент

$$M_n = G_{k+n}(r_k + h_k \operatorname{tg} \alpha_{\max}) \cos \alpha_{\max} + G_c(r_c + h_c \operatorname{tg} \alpha_{\max}) \cos \alpha_{\max} + P_{\theta} h_{\theta}, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

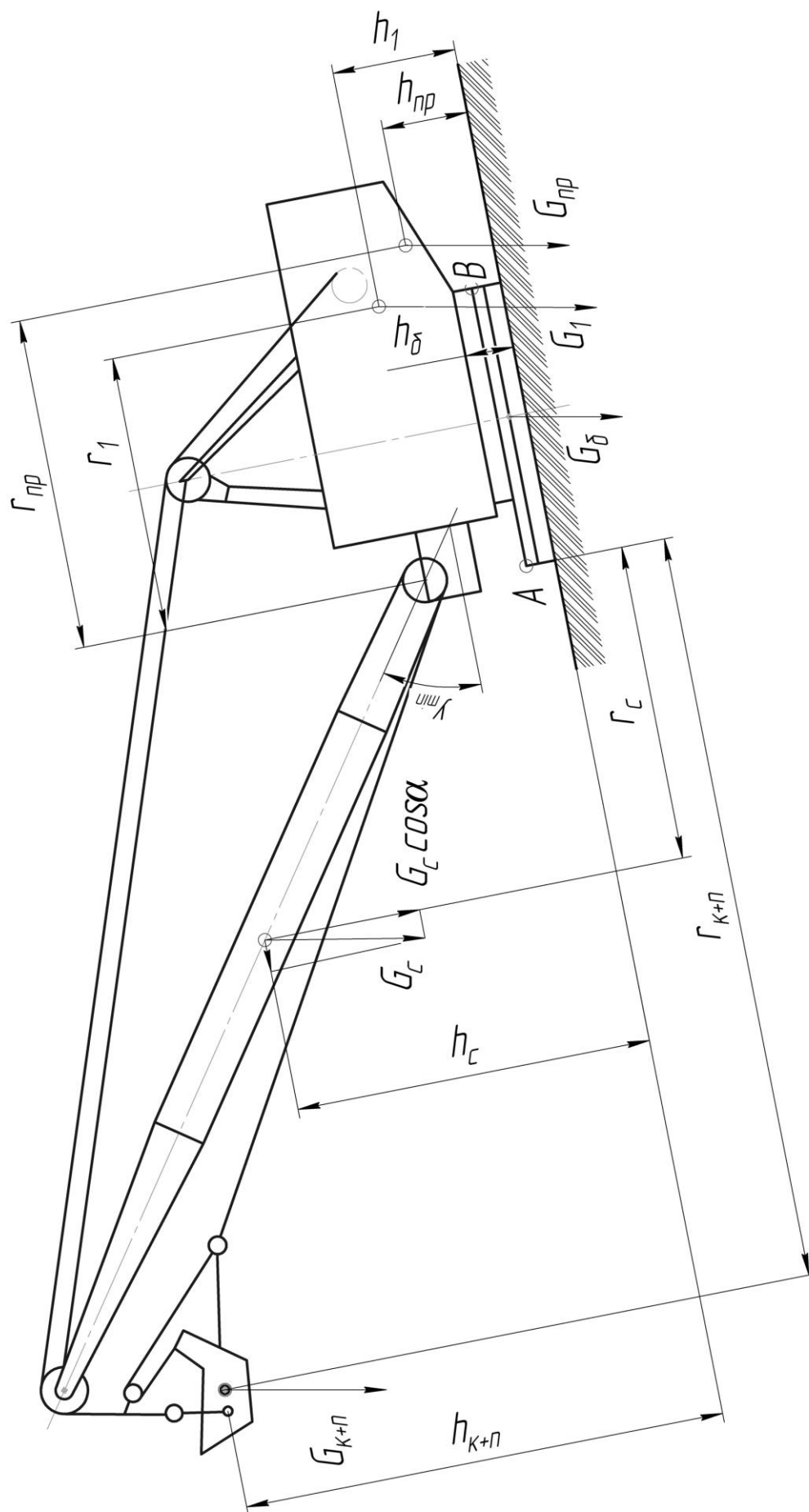


Рисунок 4 – Розрахункова схема для визначення стійкості екскаватора при русі на спуск

## 7. ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ НА ГРУНТ

Середній питомий тиск на ґрунт драглайна з крокуючим ходом

$$P_{cp.\partial} = K \frac{G_{\partial}}{2b_{\partial}L_{\partial}} = (0,4...0,43) \frac{G_{\partial}}{b_{\partial}L_{\partial}}, \text{ Па,}$$

де  $K = 0,8 \dots 0,85$  – емпіричний коефіцієнт;

$b_{\partial}$  – ширина черевика, м .;

$L_{\partial}$  – довжина черевика, м .;

Максимальна питомий тиск на ґрунт  $P_{\max} = 2P_{cp}.$

### ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чулков Н.Н. Расчет приводов карьерных машин / Н.Н. Чулков . – М. : Недра, 1987. – 196 с.
2. Подерни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: учебник для вузов / Р.Ю. Подерни. – 2-е узд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 544 с.
3. Бондаренко А.О. Гірничі машини для відкритих гірничих робіт : навч. Посібник / А.О. Бондаренко . – Дніпро: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2017. – 123с.
4. Экскаваторы для открытых горных работ: отраслевой каталог І8-4-83. – М. : Недра, 1983. – 130 с.

**Додаток 1**

Коефіцієнти для визначення лінійних розмірів екскаваторів за заданою  
місткості ковша

Місткість ковша, $\text{м}^3$	4 – 25
Питома маса екскаватора $K_{\text{экс}}$ , $\text{т/м}^3$	50 – 110
Лінійні коефіцієнти $K_L$	
Ширина платформи	1,15 – 1,3
Висота кузова	0,9 – 0,87
Радіус задньої стінки кузова	1,2 – 1,8
Довжина стріли	7,0 – 8,0
Висота п'яти стріли	0,15 – 0,5
Радіус п'яти стріли	0,6 – 0,42
Максимальна висота:	
копання	4,6
розвантаження	2,5
Максимальний радіус:	
копання	7,55
розвантаження	7,48
Висота бази	0,1 – 0,25

**Додаток 2**

Коефіцієнти для визначення мас окремих вузлів екскаваторів

Вузол екскаватора	Коефіцієнт маси, $k_m$
Стріла з блоками	0,07 – 0,06
Поворотна платформа з механізмами	0,7 – 0,8



### Додаток 3

#### Коефіцієнти для визначення маси ковша екскаватора

Умови роботи	$c_{к.л}$	$c_{к.д1}$	$c_{к.д2}$	$c_{к.д3}$
Легкі	0,7-1,2	1,0	1,25	0,13
Середні	0,9-1,7	0,7	2,4	0,12
Важкі	1,1-2,1	0,52	3,25	0,08

### Додаток 4

#### Характеристики ґрунтів, що розробляються екскаваторами

Порода	Категорія породи	Питомий опір породи копанню $k_{к.д.}$ , Па $10^5$
Пісок пухкий	I	0,27 – 0,44
Пісок вологий, суглинок легкий	I	0,59 – 1,77
Гравій дрібний і середній, глина легка, волога або розпушена	II	0,98 – 1,86
Глина середня або важка розпушена, суглинок щільний	III	1,57 – 2,55
Глина важка щільна	IV	2,55 – 3,92
Конгломерат слабозцементований	IV	3,04 – 4,02
Конгломерат важкий з дрібними каміннями, погано розрихлений, мергель, легкі сланці, суха важка глина	IV	3,63 – 4,12
Конгломерат важкий з великими каміннями і залізна руда, добре розрихлені	V-VI	2,75 – 3,04
Конгломерат важкий з великими каміннями і залізна руда, погано розрихлені	V-VI	5,2 – 5,8

## Додаток 5

### Розрахункові коефіцієнти

Показники	Категорія породи			
	I	II	III	IV
Коефіцієнт шляху $k_{путь}$	2,5 – 3,0	3,5	4,0	5,5
Коефіцієнт розпушення породи $k_p$	1,1 – 1,15	1,25	1,3	1,3 – 1,37
Щільність породи в цілику $\gamma_n$ , т/м <sup>3</sup>	1,5 – 1,8	1,8– 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,5

## Додаток 6

### Швидкість руху головних механізмів драглайна

Швидкість лінійна механізмів, м/с			Частота обертання платформи об/хв
підйому	тяги	пересування	
0,65 – 1,0	-	0,165 – 0,125	2,5 – 3,5

**Бондаренко Андрій Олексійович**

**ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І СИЛОВИХ  
ПАРАМЕТРІВ ДРАГЛАЙНІВ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

**«ВИРОБНИЧІ МАШИНИ ТА КОМПЛЕКСИ»**

для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Редактор Л.О. ЧУЇЩЕВА

НТУ «Дніпровська політехніка»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.